

# Impactos ambientales del ciclo de vida de las baldosas cerámicas. Análisis sectorial, identificación de estrategias de mejora y comunicación (II)

El artículo analiza el potencial impacto ambiental que generan las baldosas cerámicas mediante un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a nivel sectorial, en el que participaron más de 50 empresas españolas. Los resultados han servido, entre otras cosas, para la redacción de las Reglas de Categoría de Producto (RCP) para los recubrimientos de materiales cerámicos, necesarias para la edición de Declaraciones Ambientales de Producto. El texto que sigue recoge la segunda parte del artículo, que consta de la evaluación de impactos e interpretación, la identificación de estrategias de mejora, la comunicación ambiental y las conclusiones (Pueden consultar la primera parte, correspondiente a la definición de objetivos y alcance del estudio y el análisis del inventario en el número 235 de *Piscinas XXI*).

Texto T. Ros <sup>(1)</sup>, I. Celades <sup>(1)</sup>, E. Monfort <sup>(1)</sup>, R. Moliner <sup>(1)</sup>, V. Zaera <sup>(2)</sup>, E. Uviedo <sup>(2)</sup>, G. Benveniste <sup>(3)</sup>, C. Cerdán <sup>(3)</sup>, P. Fullana i Palmer <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE), Universitat Jaume I. Castellón.

<sup>(2)</sup> Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER).

<sup>(3)</sup> Grupo de Investigación en Gestión Ambiental (GiGa). Escola Superior de Comerç Internacional (ESCI), Universitat Pompeu Fabra (UPF).

Las categorías de impacto ambiental escogidas se encuentran entre las recomendadas por la guía operativa de aplicación de las normas ISO de ACV de [Guinée, J. *et al.*, 2001] (**Tabla 5**).

Además de estas categorías, en la evaluación de impactos se han incluido una serie de indicadores de flujo para ayudar a la toma de decisiones y la interpretación de resultados. Estos indicadores son:

–Consumo de energía primaria: cantidad total de energía

calorífica bruta consumida por el sistema procedente de recursos renovables y no renovables, contando tanto los consumos directos para la fabricación del producto, como los indirectos derivados de las actividades para la obtención de la energía directa. Unidad de medida: Mega Joules (MJ).

–Consumo de agua: cantidad total de agua dulce consumida por el sistema. Se calcula sumando la cantidad de todos los consumos de agua que se producen a lo largo del ciclo de vida del produc-

to. Unidad de medida: kilogramos (kg).

En la **Tabla 6** se muestran los valores obtenidos de las categorías de impacto seleccionadas para cada tipo de baldosa analizada.

En la **Figura 3** se puede observar la contribución de cada etapa del ciclo de vida al valor total de cada una de las categorías de impacto evaluadas. Puesto que el patrón es el mismo para todos los tipos de baldosas, solo se presentará un valor medio.

Como se puede observar, las fases que más influyen en

los indicadores de energía primaria y agua son las etapas de fabricación y uso.

Como energía primaria se contabiliza la energía eléctrica y la térmica consumida en todo el ciclo de vida de las baldosas cerámicas, tanto la consumida directa como indirectamente. Concretamente, el consumo directo de energía térmica se produce en el proceso de secado por atomización, secado de piezas y cocción. Además, otro porcentaje significativo es el correspondiente a los combustibles utilizados en los transportes y la energía

requerida para la extracción de materias primas, agua, la fabricación de detergente y procesamiento de otras materias auxiliares como los embalajes. En cuanto al agua, el mayor consumo se produce durante la etapa de uso, derivado de la limpieza de la baldosa durante 50 años de vida útil. Esta actividad se encuentra sujeta a los hábitos del usuario, la ubicación de la baldosa y el escenario en el que se encuentre, por lo que se considera un dato subjetivo. Sin embargo, cabe destacar que la actividad de limpieza es aplicable a cualquier tipo de recubrimiento, independientemente de la naturaleza del material, con la ventaja de que su limpieza no requiere un consumo energético. Además, dada la elevada durabilidad de las baldosas, no es necesario sustituirlas durante el arco temporal considerado, a diferencia de lo que puede ocurrir con otros materiales alternativos.

### Identificación de estrategias de mejora

Con el objeto de identificar estrategias de mejora, los autores han realizado un análisis de sensibilidad aplicando algunas hipótesis para observar la influencia de estas variaciones en los resultados finales del ACV. Concretamente, las relativas al peso de las baldosas y consumo energético durante la producción de las mismas.

–Peso de las baldosas: la variación del peso de las baldosas afecta a la cantidad de materias primas utilizadas para su fabricación, con influencia en la energía primaria requerida, emisiones atmosféricas, transportes, etc. Para ello, se ha analizado cómo afecta la variabilidad de peso encontrada entre los distintos fabricantes participantes en el estudio, observándose el cambio más significativo en el azulejo, un 13%. Así pues, se ha tomado este valor como refe-

rencia en el establecimiento de los distintos escenarios. Los resultados han determinado que para obtener una variación significativa (superior al 10%), el peso de la baldosa debería variar en un 50% aproximadamente tal y como se muestra en la **Figura 4**.

–Consumo energético: para determinar la significancia de la variación de energía térmica en el resultado final del ACV de la baldosa, se ha realizado una identificación de aquellas etapas del ciclo de vida con alcance de maniobra donde poder reducir el consumo energético. Concretamente, se ha determinado que la etapa con mayor margen de maniobra es la de secado de las piezas, ya que, dependiendo del diseño de la planta de fabricación, puede ser posible recuperar

el calor residual de la etapa de cocción para ser reintroducidas en los secaderos, tal y como se indica en: Bovea, *et al.* “Environmental performance of ceramic tiles: improvement of proposals”. *Materials and Design*, 17 July, 2009. Por tanto, se ha aplicado una hipótesis de reducción del 50% en la etapa de secado e incluso la eliminación al 100% de este consumo.

Esta hipótesis ha dado como resultado una reducción de 1,4 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes (esto se traduce en un 8% del total del impacto de potencial de calentamiento global), que aunque a priori no parezca significativo, si se extrapola al total de la producción en 2008 puede evitar la emisión de casi 600.000 t de CO<sub>2</sub> equivalentes cada año.

### Comunicación ambiental

En los últimos años, los fabricantes de baldosas han realizado un gran esfuerzo en materia ambiental, por una parte para dar cumplimiento a los nuevos y numerosos requisitos legales aplicables a la etapa de fabricación y, por otra, para satisfacer requerimientos de grupos de interés, como clientes, accionistas, Administración, ONG's, etc., colectivos cada vez más solidarios con el medio ambiente.

Por otro lado, la aparición de nueva normativa aplicable a otras etapas del ciclo de vida, concretamente a la fase de uso, como los Códigos Técnicos de Edificación y la difícil situación económica que actualmente se está sufriendo en el sector, ha favorecido el interés de las empresas por

**Tabla 5. Indicadores de impacto utilizados**

Categoría de impacto	Agotamiento de Recursos Abióticos (PARA)
Resultado del inventario	Extracción de minerales y combustibles fósiles (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	Potencial de agotamiento para cada extracción de minerales y combustibles fósiles (kg de Sb equivalente/kg extraídos)
Categoría de impacto	Acidificación (PA)
Resultado del inventario	Emisiones de sustancias acidificantes (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	Potencial de acidificación de cada emisión ácida (kg de SO <sub>2</sub> equivalente/kg de emisión ácida) (kg de SO <sub>2</sub> equivalente)
Categoría de impacto	Calentamiento Global (PCG)
Resultado del inventario	Emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	Potencial de calentamiento global de cada gas de efecto invernadero en un horizonte temporal de 100 años (kg de CO <sub>2</sub> equivalente/kg de gas de efecto invernadero)
Categoría de impacto	Formación de foto-oxidantes (PFOF)
Resultado del inventario	Emisiones de sustancias (VOC, CO) al aire (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	Potencial de creación de ozono fotoquímico de cada emisión de VOC o CO al aire (kg de etileno equivalente/kg de emisión foto-oxidante)
Categoría de impacto	Potencial de agotamiento del ozono estratosférico (PAOE)
Resultado del inventario	Emisiones de sustancias al aire (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	Potencial de agotamiento de cada emisión en el aire (kg de R11 equivalente/kg de emisión)
Categoría de impacto	Eutrofización (PE)
Resultado del inventario	Emisiones de nutrientes al aire, agua o suelo (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	Potencial de eutrofización de cada emisión eutrofizante en el aire, agua o suelo (kg de P03-4 equivalente/kg de emisión eutrofizante)

Tabla 6. Perfil ambiental de las baldosas cerámicas analizadas

Tipología	Unidades	Gres porcelánico	Azulejo rojo	Gres esmaltado blanco	Gres esmaltado rojo	Azulejo blanco
Agotamiento de Recursos Abióticos (PARA)	kg de Sb eq.	7,05E-02	6,53E-02	7,09E-02	6,29E-02	7,54E-02
Potencial de Acidificación(PA)	kg de SO <sub>2</sub> eq.	7,41E-02	5,91E-02	6,74E-02	5,95E-02	6,96E-02
Potencial de Eutrofización (PE)	kg de PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> eq.	9,26E-03	8,24E-03	9,12E-03	8,37E-03	8,92E-03
Potencial de Calentamiento Global (PCG)	kg de CO <sub>2</sub> eq.	1,25E+01	1,28E+01	1,29E+01	1,16E+01	1,43E+01
Potencial de Agotamiento Ozono (PAOE)	kg de R11 eq	1,90E-06	1,80E-06	1,90E-06	1,78E-06	1,89E-06
Potencial de Formación de Ozono fotoquímico (PFOF)	kg de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.	1,16E-02	1,06E-02	1,13E-02	1,06E-02	1,14E-02
Consumo de Energía Primaria	MJ	2,24E+02	2,10E+02	2,26E+02	2,05E+02	2,35E+02
Agua	kg	3,44E+02	3,32E+02	3,38E+02	3,21E+02	3,37E+02

posicionarse en un elevado grado de competitividad para fabricar productos con mayor calidad. Así, se ha considerado el medio ambiente como un aspecto más en la toma de decisiones, otorgándole al producto un elevado valor añadido. Sin embargo, durante estos años de retos ambientales en el que han conseguido alcanzar un posicionamiento de referencia en términos de innovación, tecnología y elevada implantación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs), el sector no había establecido una estrategia de comunicación basada en los criterios ambientales. No fue hasta 2008 cuando consideraron el momento oportuno para evaluar y comunicar todos estos esfuerzos, así como identificar otros aspectos hasta ahora no considerados.

Por ello, tras haber determinado de forma objetiva y rigurosa el perfil ambiental de las baldosas cerámicas, se consideró que el mejor modo de comunicarlo era a través de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP). Las DAP o etiquetas ecológicas de tipo III según nomenclatura ISO, permiten la divulgación y difusión de información cuantificada sobre el ciclo de vida de un producto. A menudo,

esta información ha sido verificada por una tercera parte independiente, y consiste en datos relevantes sobre los impactos ambientales generados por un producto a lo largo de su ciclo de vida. Por tanto, estas DAP se basan en estudios de Análisis de Ciclo de Vida. Sin embargo, para que estas DAP de productos con la misma funcionalidad puedan ser comparadas entre sí, los estudios de ACV deben estar realizados bajo las mismas directrices, llamadas Reglas de Categorías de Producto (RCP). Estas RCP, entre otras cosas, determinan la unidad funcional aplicada, las catego-

rías de impacto evaluadas, los límites del sistema estudiado o los requisitos de calidad de los datos utilizados.

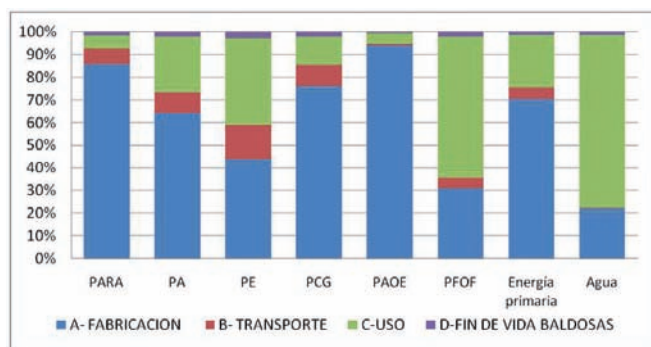
La obtención de una DAP ofrece varias ventajas competitivas por dos motivos principalmente:

- Permiten demostrar el cumplimiento de criterios ambientales exigidos por determinadas certificaciones voluntarias sobre edificación sostenible.
- Ayudan a cumplir especificaciones obligatorias impuestas por la legislación de algunas Comunidades Autónomas, como la de Cataluña con el Decreto 21/2006 de Ecoefi-

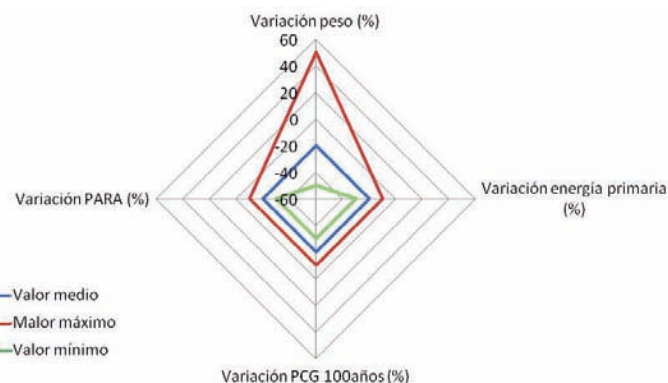
ciencia en la Edificación, que entre otras premisas, obliga a que “al menos una familia de productos de los utilizados en la construcción del edificio, entendiendo como familia el conjunto de productos destinados a un mismo uso, deberán disponer de un distintivo de garantía de calidad ambiental de la Generalitat de Catalunya, etiqueta ecológica de la Unión Europea o cualquier otra etiqueta ecológica de tipo I, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 14024/2001 o tipos III, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 150025/2005 IN”. En el momento de aproba-







**Figura 3. Contribuciones de las fases del ciclo de vida a las categorías de impacto estudiadas.**



**Figura 4. Variaciones en las categorías de impacto según las variaciones del peso de la baldosa.**

ción de dicha legislación, la Generalitat de Cataluña comenzó a promover un sistema de etiquetado tipo III en el sector de la construcción, DAPc, para que empresas o sectores colaboraran en el redactado de las anteriormente citadas Reglas de Categoría de Producto. Así, ASCER (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos) como representante de los fabricantes de baldosas cerámicas, apoyó el desarrollo de este etiquetado, siendo sector pionero de la Comunidad Valenciana en el desarrollo de estas PCR, cuya base en la redacción ha sido el ACV de las baldosas cerámicas a nivel sectorial expuesto en puntos anteriores.

El procedimiento esquemático seguido para alcanzar estos objetivos ha sido el expuesto en la **Figura 5**.

En la redacción de las RCP para materiales de recubrimiento cerámico se han seguido las normas UNE EN ISO 14025 e ISO 21930 y el borrador prEN 15804. Además, se han consultado las RCP desarrolladas en otros sistemas, en particular en el sistema de RCP para la preparación de EPD de Environdec (Swedish Environmental Management Council).

Una vez elaborado el primer borrador de las RCP, se sometió a exposición pública, para que empresas y organizaciones del sector presenta-

ran sus comentarios y opiniones sobre los contenidos de las mismas, asegurando así la participación de las diferentes partes interesadas en el proceso de elaboración de las RCP.

Se considera necesario indicar que los impulsores del sistema DAPc tienen la voluntad de que este sea compatible con otros sistemas de ecoetiquetado tipo III, como por ejemplo el sistema internacional "Environmental Product Declaration" administrado por el International EPD Consortium.

Además, el sistema es totalmente compatible con el artículo 6.2. del Decreto 21/2006 de la Generalitat de Catalunya, por el cual se re-

can las certificaciones medioambientales que consideren el análisis del ciclo de vida de los productos. La Orden VIV/1744/2008, por la que se regula el registro general del CTE, contempla en su apartado 2.2.c.3 la inscripción en el registro las certificaciones ambientales del análisis del ciclo de vida de los productos y otras evaluaciones ambientales de los edificios.

### Conclusiones

El sector de la baldosa cerámica está sufriendo directamente las consecuencias de la crisis económica global que ha afectado especialmente al

sector de la construcción en España. En momentos como este, un estudio de este tipo, además de ser relevante, constituye una herramienta muy valiosa para afrontar las dificultades y detectar aquellos potenciales de mejora.

Conocer las principales problemáticas de carácter ambiental relativas a la producción, distribución, uso y gestión del fin de vida asociadas a la baldosa cerámica es fundamental para desarrollar planes estratégicos de diferenciación e innovación del producto basados en la variable ambiental.

La información que ha obtenido ASCER mediante el estudio a escala sectorial es explotable tanto a nivel industrial como a nivel de comunicación, pues además de identificar las variables sus-

### Las DAP o etiquetas ecológicas de tipo III según nomenclatura ISO, permiten la divulgación y difusión de información cuantificada sobre el ciclo de vida de un producto

gula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios, dado que las DAP resultantes serán etiquetas tipo III de acuerdo con la norma UNE ISO 14025. Por otro lado, cabe recordar que el Código Técnico de la Edificación (CTE), en su capítulo 2 (párrafo 5.2.4), hace referencia a la posibilidad de que las Administraciones Públicas competentes reconoz-





**Figura 5. Procedimiento general de desarrollo de una Declaración Ambiental de Producto.**

ceptibles de mejora, también es útil para obtener argumentos científicos que apoyen sus campañas de comunicación de este sector industrial.

El esfuerzo de investigación y recopilación de datos de inventario realizado para este ACV ha sido sumamente útil a la hora de redactar las Reglas de Categoría de Producto. Aprobadas en junio del 2010, los fabricantes de baldosas cerámicas, tras realizar un ACV de sus productos siguiendo las directrices contenidas en las RCP, podrán obtener una Declaración Ambiental de Producto que deberá ser verificada y registrada adecuadamente. Estas DAP podrán ser utilizadas tanto por el fabricante para conocer mejor su sistema productivo y poder optimizarlo y también como herramienta de marketing y comunicación ambiental, útil para ser utilizada como criterio de compra.

### Agradecimientos

El proyecto ha sido realizado para ASCER mediante el apoyo financiero del IMPIVA (Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana de la Generalitat Valenciana) y los Fondos FEDER, a través de los Planes Sectoriales de Competitividad con número de expediente IMPC-NC/2008/124.

### Referencias

1. Argüello Méndez, T. y Cuchí Burgos, A.: "Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10x10 con Techo-Chiapas del CYTED", Mater. Construcc., Vol.60, nº509 (2008), pp. 25-34
2. Fullana P, Gazulla C, Bala A, Chiva P, Fabregó L, Vidal M.: "Guía de Aplicación Ecojoguina. Generalitat de Catalunya". Barcelona (ISBN

9788439378914), (2009) pp.41-42.

3. Fullana, P. y Puig, R.: "Análisis del Ciclo de Vida". Ed. Rubes, Barcelona (ISBN 8449700701), (1997) pp. 12-14.

4. González, M., Miralles, A. (ASCER); Monfort, R., Montón, L., Castaño, J.R. (COACV); Mazarredo, F.C., Palencia, J.J. (CIT); García, A., Enrique, J.E., Silva, G. (ITC); Benedé, R. (ANFAPA); García, M. (CEMARKSA); Pla, F., Pascual, J. (IVE). "Guía de la baldosa cerámica Valenciana": Instituto Valenciano de la Edificación, (5ª ed.). Valencia (ISBN: 84-96602-20-6), (2006) pp 21-37

5. ISO 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products

6. Minguillón Bengochea, M.C.: Tesis Doctoral. "Composición y fuentes del material particulado atmosférico en la zona cerámica de Castellón: Impacto de la introducción de las mejores técnicas disponibles". Universitat Jaume I, Castellón, 2007.

7. Monfort, E.; Celades, I.; Sanfelix, V.; Gomar, S.: "Estimación de emisiones difusas de PM10 y rendimiento de Mejores Técnicas Disponibles 's en el sector cerámico". Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr., 48 (1), 15-24, 2009

8. Monfort, E.; García-Ten, J.; Celades, I.; Gomar, S. Monitoring and possible reduction of HF in stack flue gases from ceramic tiles. J. Fluorine Chem., 2009.

9. Paulsen, J. Service life prediction for floor coverings. En: Lacasse, M.A.; Vanier, D.J. (Eds.) Durability of building materials and components. Ottawa: NRC, 1999, pp. 1467-1474

10. Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2007-2015. Ministerio de Medio ambiente, 2006

11. prEN 15804:2008 Sustainability of construction Wor-

ks - Environmental product declarations - Core rules for the Product Category of Construction Products.

12. Product-Category Rules (PCR) for preparing an environmental declaration (EPD) for Building products, PCR 2006:02. Version 1.0. 2006-02-22. The Swedish Environmental Management Council.

13. Puig, R. et al; "Llibre didàctic d'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV)" Xarxa temàtica Catalana d'ACV. Edición disponible digital [http://mediambient.gencat.net/cat/empreses/ipp/llibre\\_acv.pdf](http://mediambient.gencat.net/cat/empreses/ipp/llibre_acv.pdf) (2002) p. 4.

14. RCP, 2010. Reglas de Categoría de Producto (RCP) para productos de recubrimiento cerámico RCP 002 Versión 1 (2010)

15. UNE-EN 14411: 2007 Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y marcado

16. UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia (ISO 14040:2006)

17. UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices (ISO 14044:2006).

18. UNE-ISO 14025:2007 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos (ISO 14025:2006)

19. Software de ACV GaBi: <http://www.gabi-software.com/gabi/gabi-4/>.

Para más información:  
**Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE)**  
**Universitat Jaume I.**  
**Castellón**  
 Avda. Vicent Sos Baynat, s/n  
 12006 Castellón  
[www.itc.uji.es](http://www.itc.uji.es)

